

TOSCOGEO

geothermal energy

Società del gruppo



magma ENERGY ITALIA

RETE GEOTERMICA TOSCANA

C/O TOSCOGEO S.R.L.

VIA ERNESTO ROSSI N° 9 - 52100, AREZZO

TEL. 0575 32641 - FAX. 0575 326464

Impianto Geotermico Pilota Castelnuovo PROGETTO DEFINITIVO



00	19/11/2015	Emissione	Sintecnica S.r.l.	Magma Energy Italia S.r.l.	Rete Geotermica Toscana
REV.	DATA	OGGETTO	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO

PROGETTISTA:



TITOLO:

RELAZIONE SULLE STRUTTURE - OPERE DI MITIGAZIONE

NOTE:

TOSCOGEO SRL
 VIA E. ROSSI N.9 - AREZZO 52100
 TEL. 0575 32641 - FAX 0575 326464
 C.F. e P.IVA 06142590485
 Capitale sociale sottoscritto e versato € 12.000,00
 Società soggetta a direzione e coordinamento di
 Graziella Green Power spa - via E. Rossi, 9 - Arezzo 52100
 C.F. e P.IVA 02033840519

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

C	A	S	0	2	D	E	C	I	R	0	2	6
ARGOMENTO	PROGETTO	LIVELLO	AREA	TIPO	PROGRESSIVO							

Questo documento contiene informazioni di proprietà della RETE GEOTERMICA TOSCANA e può essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. È vietata qualunque forma di riproduzione o divulgazione senza l'esplicito consenso della RETE GEOTERMICA TOSCANA.

FOGLIO:

1 di 19

FORMATO:

A4

SOMMARIO

1.	INTRODUZIONE	3
2.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
3.	MATERIALI IMPIEGATI	3
4.	ANALISI DEI CARICHI	4
4.1	CARICHI PERMANENTI (G1)	4
4.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2)	4
4.3	AZIONE SISMICA (E)	4
4.4	CARICO NEVE (N)	7
4.5	ALTRE AZIONI	7
4.6	COMBINAZIONI DI CARICO	8
5.	SCHEMI E MODELLI DI CALCOLO	8
6.	VERIFICHE	9
6.1	VERIFICA PER SLU	9
6.1.1	Caratteristiche della sollecitazione PER SLU	9
6.1.2	Verifiche di resistenza	9
6.2	VERIFICHE PER SLV	12
6.2.1	Caratteristiche della sollecitazione PER SLV	12
6.2.2	Verifiche di resistenza	13
6.3	VERIFICA DI DEFORMABILITÀ	16
6.4	VERIFICA PER SLD	16
6.5	VERIFICA PER SLO	17
7.	VERIFICA GEOTECNICA	18
8.	CONCLUSIONI	19

1. INTRODUZIONE

Il presente documento ha lo scopo di descrivere il dimensionamento della struttura di mitigazione ubicata nell'area della centrale geotermoelettrica nell'ambito dell'Istanza per l'avvio della procedura di valutazione di impatto ambientale ai sensi dell'art.23 del D.Lgs.152/2006 e s.m.i. relativa al progetto "*Impianto Geotermico Pilota Castelnuovo*".

L'impianto *Geotermico Pilota Castelnuovo* è costituito da:

- **Campo pozzi**, costituito da due pozzi per la produzione dei fluidi geotermici (uno subverticale e l'altro direzionale) sino a profondità di circa 3.500 m, e di un pozzo per la reimmissione dei fluidi estratti, inclusi i gas incondensabili, all'interno delle stesse formazioni geologiche di provenienza, profondo anch'esso circa 3500 m. I tre pozzi saranno perforati da un'unica postazione.
- **Impianto geotermoelettrico**, costituito dalla rete di trasporto dei fluidi geotermici, da una centrale a ciclo binario, con potenza netta di 5MWe (come stabilito dal D.Lgs 03/03/2011 n. 28 e s.m.i.) e da una cabina elettrica di trasformazione.

La struttura portante è in acciaio ed è organizzata su 5 portali monopiano a 5 campate, la cui luce massima è di 20m. Le travi del portale, incastrate in corrispondenza dei pilastri, sono in IPE600 e in IPE450, e formano una spezzata che approssima un arco di circonferenza. I pilastri sono realizzati in HEA500A e in HEA300 e la loro altezza varia da circa 10m a 13m. La copertura è realizzata in lamiera grecata sorretta da arcarecci in IPE 220 ogni 2m in pianta. I portali distano 6m l'uno dall'altro e nel piano a loro perpendicolare, così come in falda, sono previsti controventi.

Le fondazioni sono realizzate mediante plinti quadrati collegati tra loro da travi di collegamento in c.a..

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

DM INFRASTRUTTURE 14 GENNAIO 2008 (in seguito detto "NTC2008")

CIRCOLARE 02 FEBBRAIO 2009 N°617/CC.S.LL.PP (in seguito detta "Circolare")

3. MATERIALI IMPIEGATI

I materiali impiegati sono i seguenti:

- per le opere in fondazione:
 - calcestruzzo C25/30;
 - acciaio B 450 C;
- per le opere in carpenteria metallica:
 - acciaio S 355.

4. ANALISI DEI CARICHI

4.1 CARICHI PERMANENTI (G1)

Peso proprio delle strutture in acciaio: $7850\text{kg/m}^3 \cdot 9.81\text{m/s}^2 = 77\text{kN/m}^3$

Peso proprio della lamiera grecata: 10daN/m^2

4.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2)

Peso del tetto verde estensivo: 2.5kN/m^2

Peso del carroponete: 100kN

Peso proprio dell'isolante: 10daN/m^2

4.3 AZIONE SISMICA (E)

Con i criteri e le assunzioni riportate nell'elaborato *CAS.02.DE.CI.R.023 – RELAZIONE SULLE STRUTTURE*, si riportano gli spettri considerati.

Viene considerata anche la componente verticale del sisma in quanto le travi hanno luce pari a 20m.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite (descritti in dettaglio al punto C7.1 della Circolare), sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Trattandosi di costruzioni di classe d'uso III, gli stati limite da considerare sono i seguenti:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.
- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

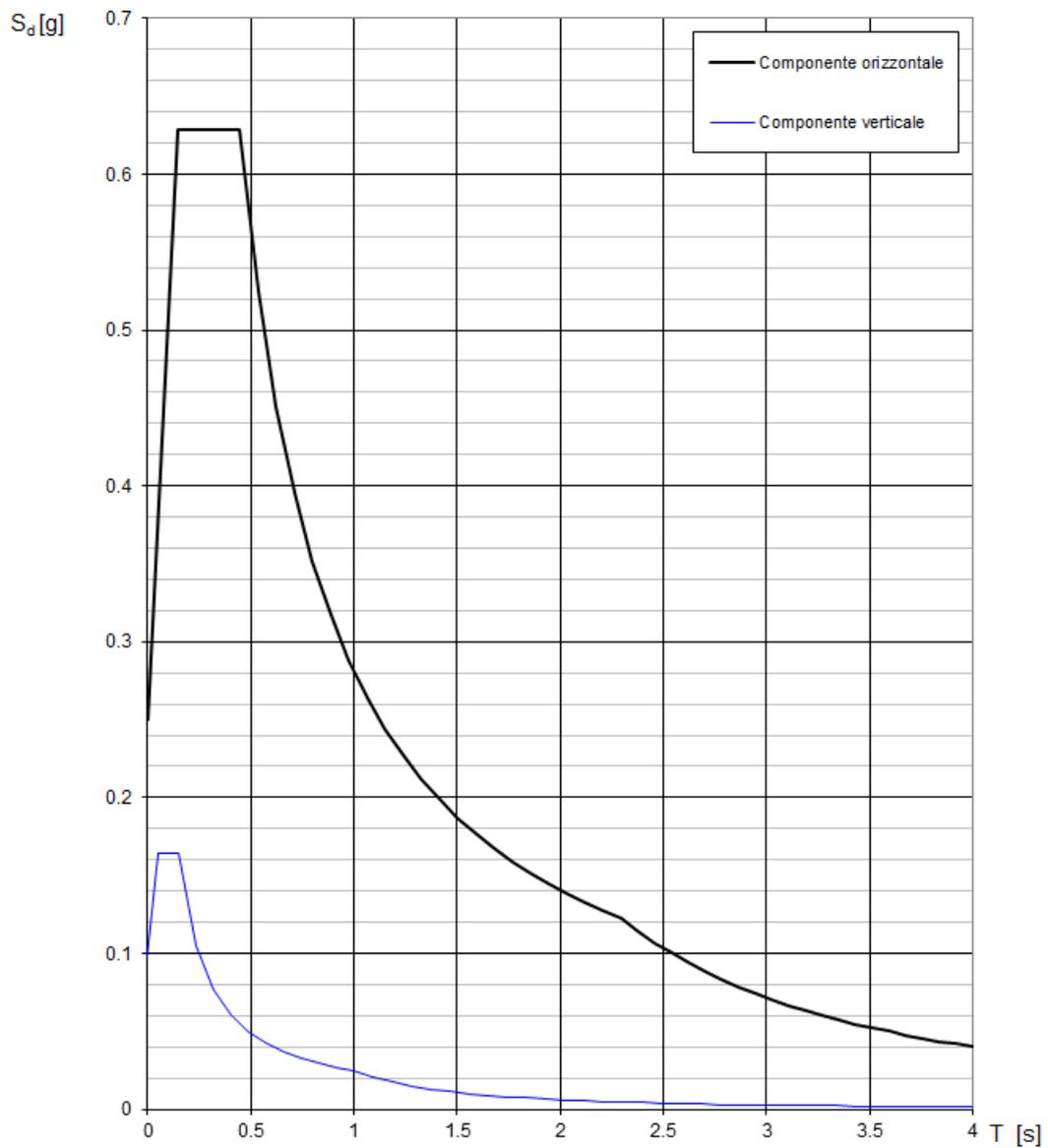


Figura 1 Spettri di risposta (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLV

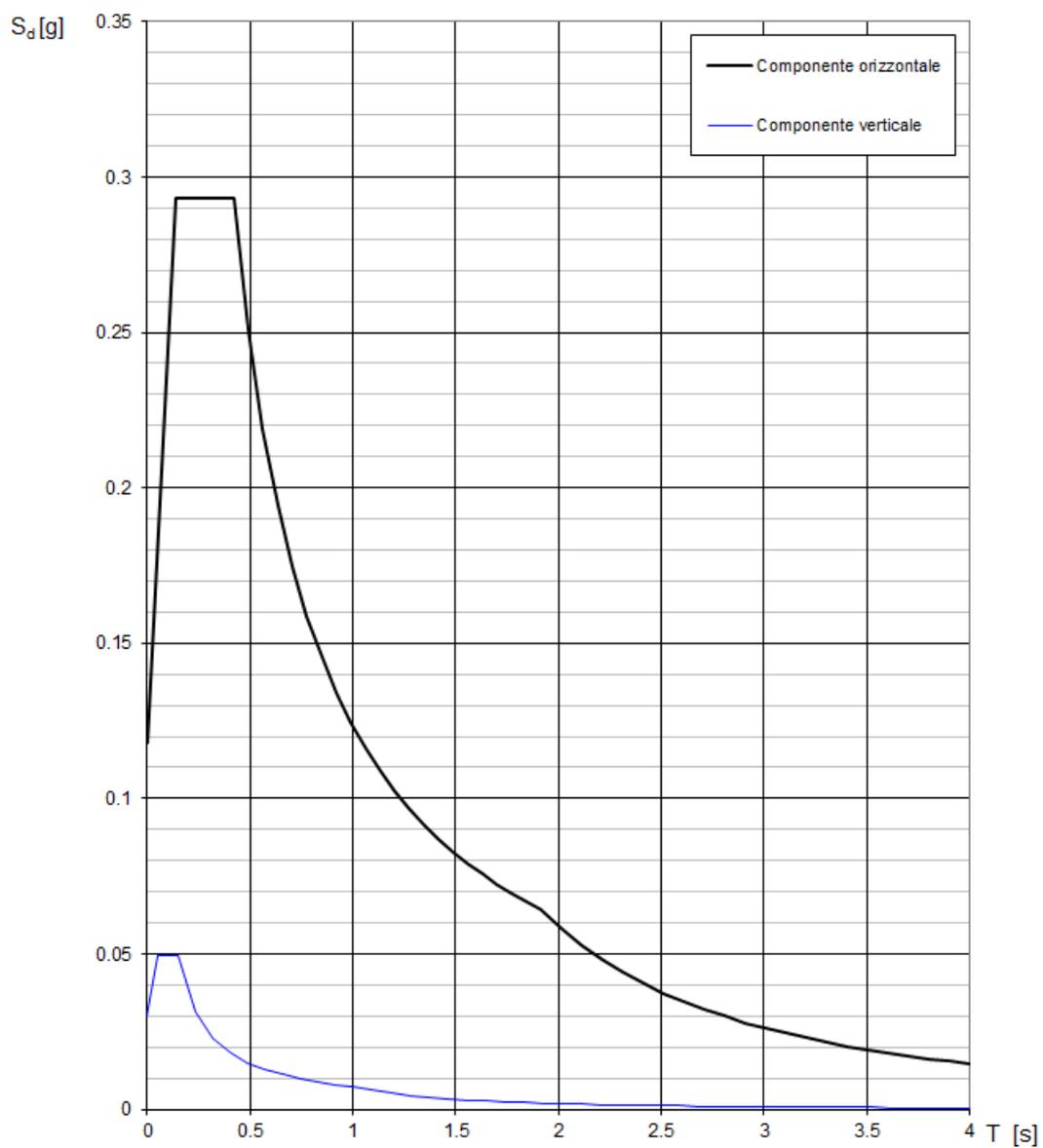


Figura 2 Spettri di risposta (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLD

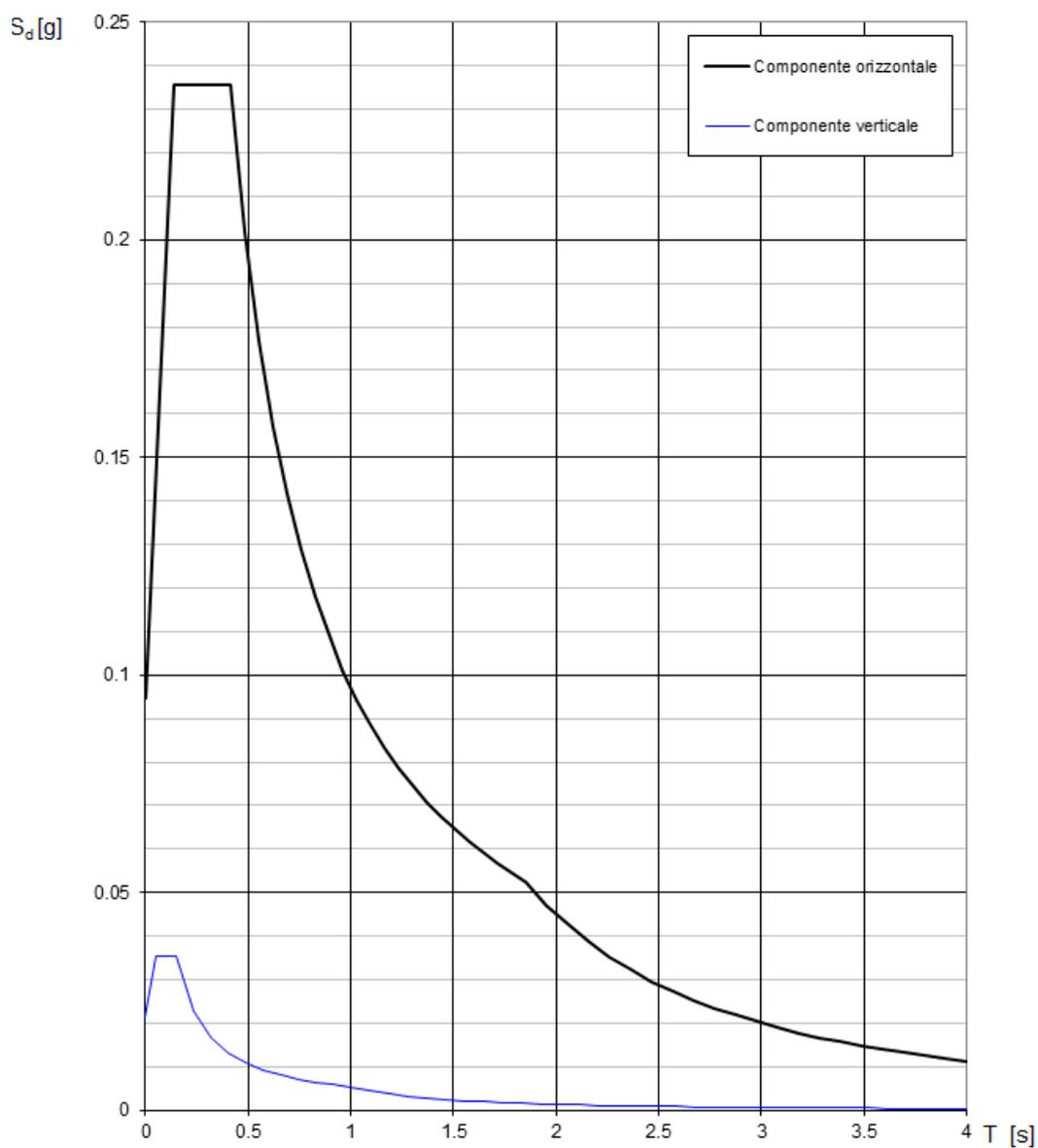


Figura 3 Spettri di risposta (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLO

4.4 CARICO NEVE (N)

$$q_{sk} = 0.51 * (1 + (485/481)^2) = 1.0 \text{ kN/m}^2$$

4.5 ALTRE AZIONI

Gli effetti del vento e della temperatura producono effetti da ritenersi compresi nelle combinazioni considerate.

4.6 COMBINAZIONI DI CARICO

Combinazione fondamentale

$$1.3 \cdot G_1 + 1.3 \cdot G_2 + 1.5 \cdot N$$

Combinazione caratteristica (rara)

$$G_1 + G_2 + N$$

Combinazione sismica

$$G_1 + G_2 + E$$

5. SCHEMI E MODELLI DI CALCOLO

Nella figura seguente è riportato il modello utilizzato per l'analisi. L'analisi sismica è effettuata mediante analisi dinamica modale. I pilastri sono incastrati alla base nella direzione X (parallela al lato lungo) e incernierati alla base nella direzione Y (parallela al lato corto). Le travi dei portali principali sono incastrate alle estremità così come gli arcarecci e i controventi.

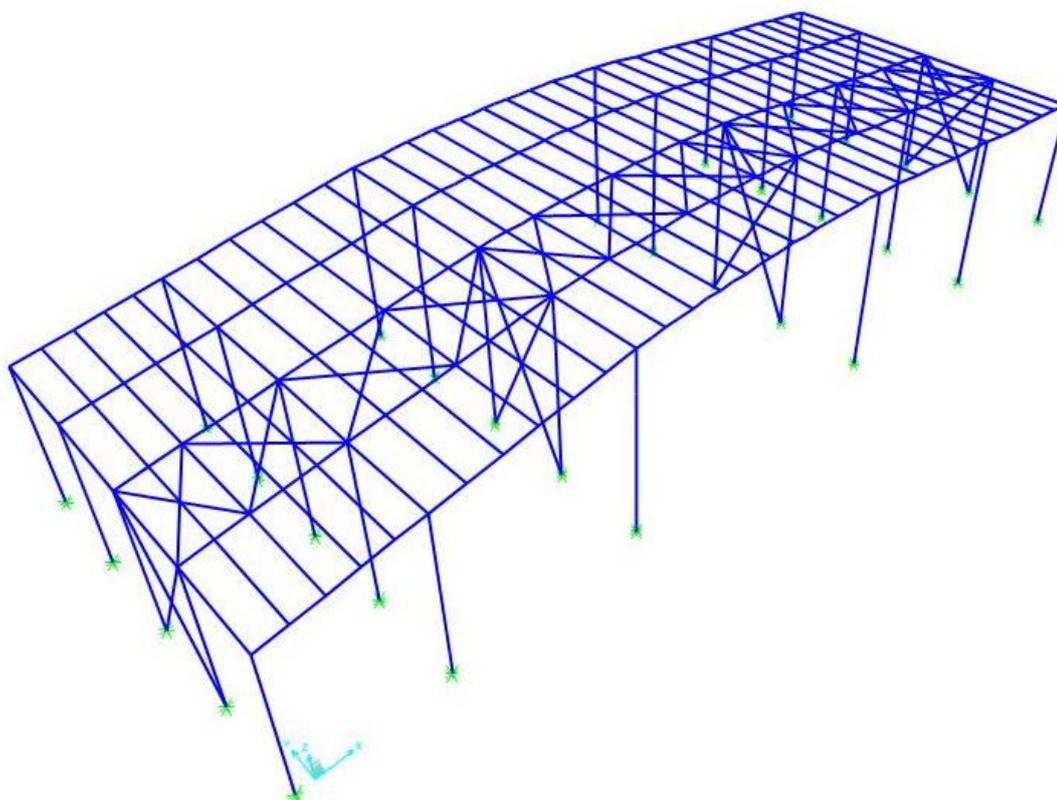


Figura 4 Vista assonometrica del modello strutturale

6. VERIFICHE

6.1 VERIFICA PER SLU

6.1.1 CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER SLU

Si riportano di seguito gli andamenti qualitativi delle principali caratteristiche di sollecitazione nel portale tipo interno.

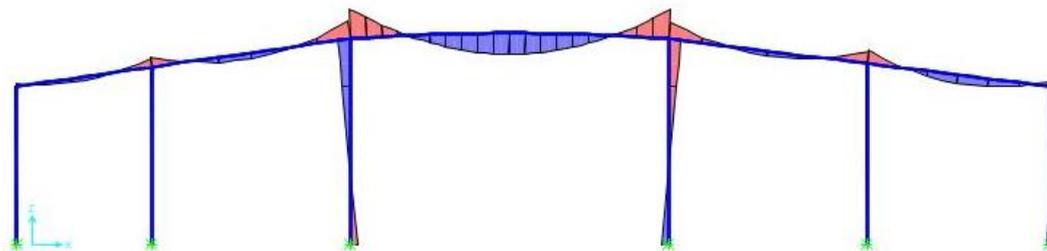


Figura 5 Diagramma del momento flettente nel portale per combinazione SLU

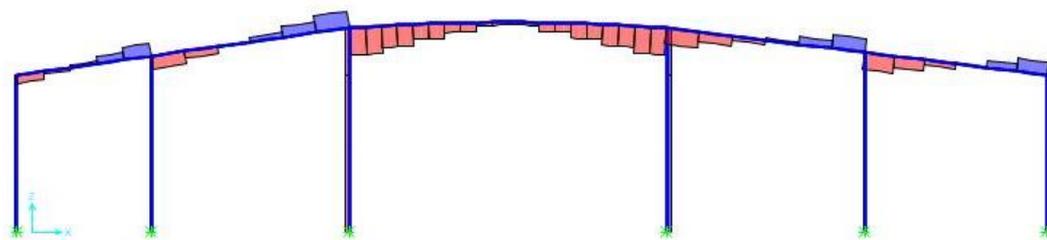


Figura 6 Diagramma del taglio nel portale per combinazione SLU

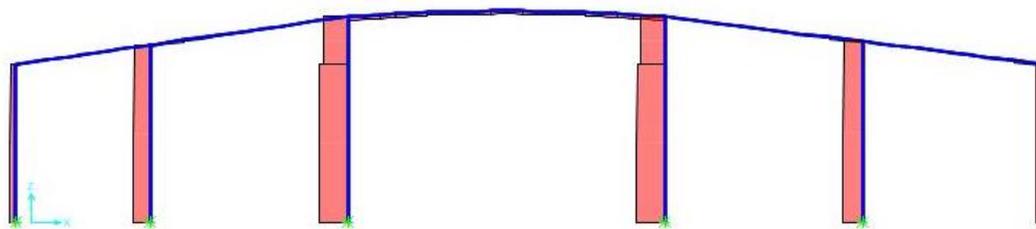


Figura 7 Diagramma dello sforzo normale nel portale per combinazione SLU

6.1.2 VERIFICHE DI RESISTENZA

ARCARECCI

$$M_{Sd}=46.6\text{kNm}<96.5\text{kNm}$$

$$V_{Sd}=31.1\text{kNm}<395.1\text{kNm}$$

PILASTRO HEA500

N_{Sd} [kN] 612

	Inflessione attorno all'asse	
	y - y	z - z
I_0 [m]	13	13
Snellezza λ	61.96	179.6
$N_{b,Rd}$ [kN]	5.271	1.045
$M_{1,Sd}$ [kNm]	260	0
$M_{2,Sd}$ [kNm]	-223	0
β_M	2.4	1.1
μ	0.762	-3.698
k	0.916	1.5
$M_{c,Rd}$ [kNm]	1.335	358.0
M_{Sd} [kNm]	260	0

Resistenza della sezione: 0.038 OK ?
 Instabilità flessione-torsionale: 0.748 OK ?

Flessione e compressione assiale - Classe 1 - EC3 #5.5.4.(1)

$$\frac{N_{Sd}}{N_{b,Rd,min}} + \frac{k_y M_{y,Sd}}{M_{cy,Rd1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{cz,Rd1}} = 0.586 + 0.178 + 0 = 0.764$$

OK

Momenti all'estremità
 Momenti dovuti ai carichi laterali nel piano
 Momenti dovuti ai carichi laterali nel piano più momenti d'estremità

 Selezionare diagramma

Figura 8 Verifica a pressoflessione del pilastro HEA500 per combinazione SLU

Verifica a taglio

$$V_{Sd} = 48 \text{ kNm} < 2694 \text{ kNm}$$

PILASTRO HEA300m

N_{Sd} [kN] 353

	Inflessione attorno all'asse	
	y - y	z - z
I_0 [m]	11.5	11.5
Snellezza λ	90.27	153.5
$N_{b,Rd}$ [kN]	1.857	740.0
$M_{1,Sd}$ [kNm]	28	0
$M_{2,Sd}$ [kNm]	-21	0
β_M	2.325	1.1
μ	0.768	-3.617
k	0.861	1.5
$M_{c,Rd}$ [kNm]	426.0	142.2
M_{Sd} [kNm]	28	0

Resistenza della sezione: 0.159 OK ?
 Instabilità flessione-torsionale: 0.537 OK ?

Flessione e compressione assiale - Classe 3 - EC3 #5.5.4.(3)

$$\frac{N_{Sd}}{N_{b,Rd,min}} + \frac{k_y M_{y,Sd}}{M_{cy,Rd1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{cz,Rd1}} = 0.477 + 0.057 + 0 = 0.534$$

OK

Momenti all'estremità
 Momenti dovuti ai carichi laterali nel piano
 Momenti dovuti ai carichi laterali nel piano più momenti d'estremità

 Selezionare diagramma

Figura 9 Verifica a pressoflessione del pilastro HEA300 per combinazione SLU

Verifica a taglio

$$V_{Sd} = 4 \text{ kNm} < 1640 \text{ kNm}$$

TRAVE PRINCIPALE IPE 600

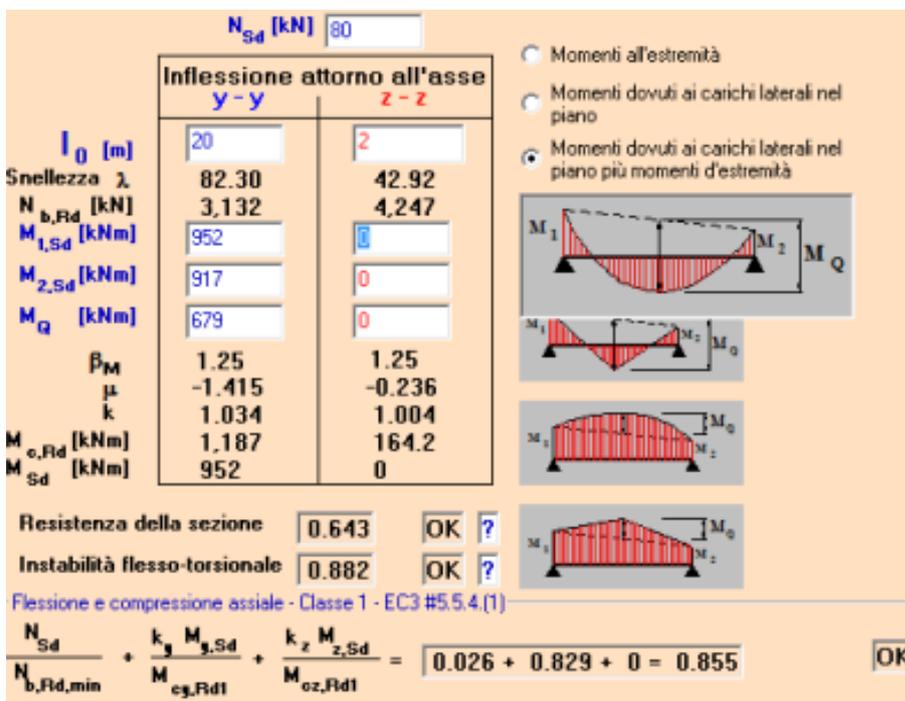


Figura 10 Verifica a svrgolamento della trave IPE600 per combinazione SLU

Verifica a taglio

$$V_{Sd} = 294 \text{ kN} < 1632 \text{ kN}$$

6.2 VERIFICHE PER SLV

6.2.1 CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER SLV

Si riportano di seguito gli andamenti qualitativi delle principali caratteristiche di sollecitazione nel portale tipo interno e nei controventi.

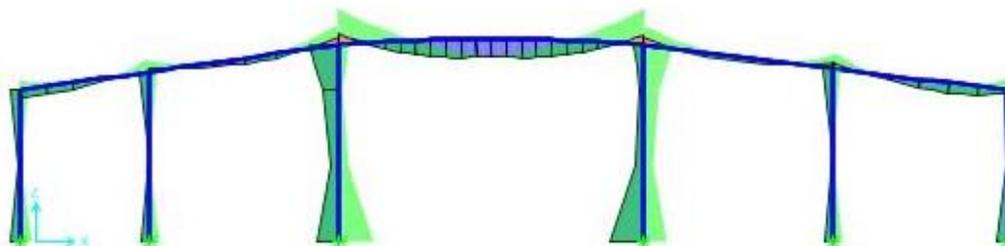


Figura 11 Diagramma del momento flettente nel portale per combinazione SLV (sisma parallelo al portale)

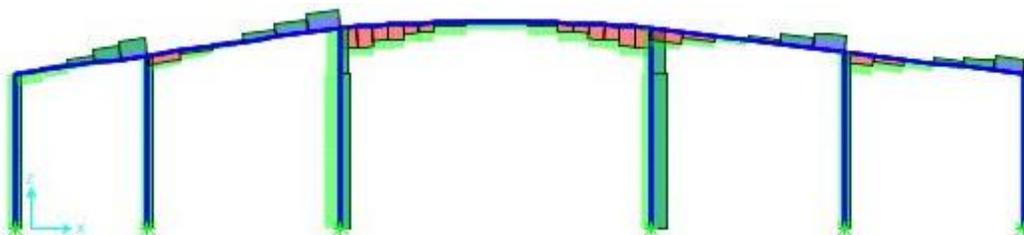


Figura 12 Diagramma del taglio nel portale per combinazione SLV (sisma parallelo al portale)

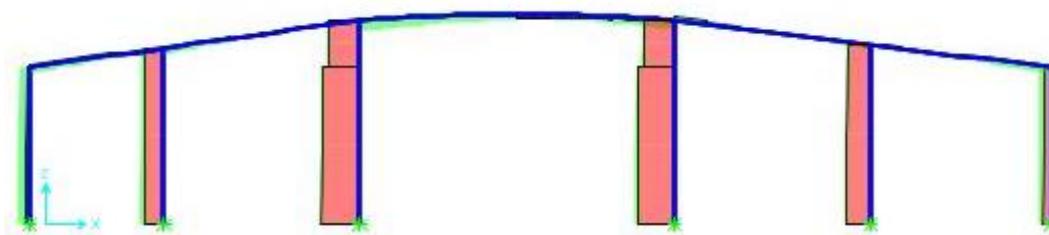


Figura 13 Diagramma del momento flettente nel portale per combinazione SLV (sisma parallelo al portale)

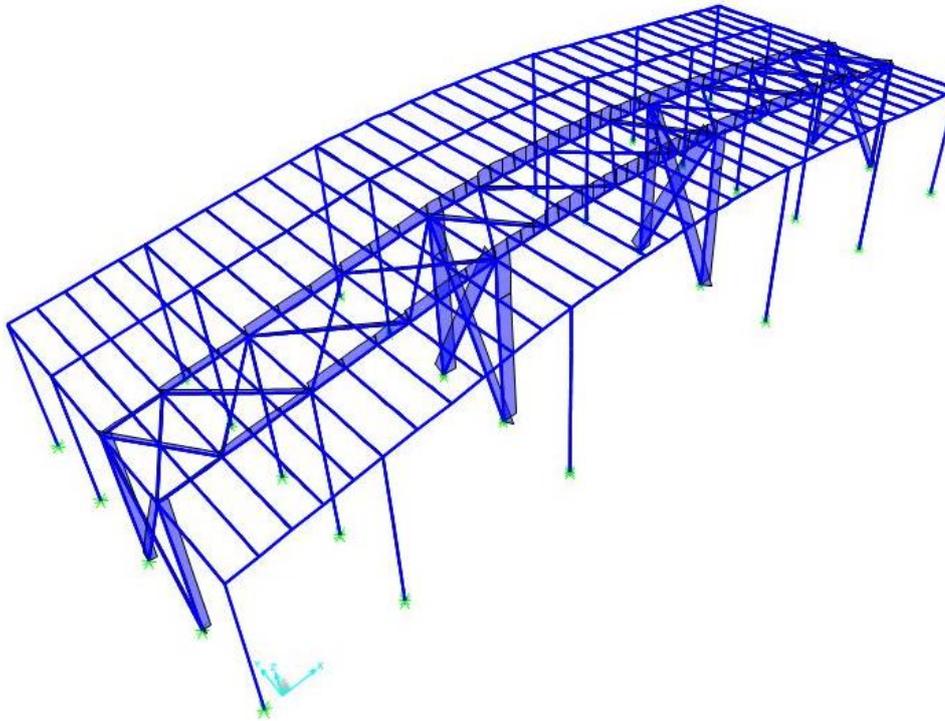


Figura 14 Diagramma dello sforzo normale nel portale per combinazione SLV (sisma perpendicolare al portale)

6.2.2 VERIFICHE DI RESISTENZA

ARCARECCI IPE220

N_{Sd} [kN] 14

	Inflessione attorno all'asse	
	y - y	z - z
I_0 [m]	6	6
Snellezza λ	65.86	241.9
$N_{b,Rd}$ [kN]	855.6	101.3
M_Q [kNm]	26	0
β_M	1.3	1.3
μ	-1.074	-3.873
k	1.017	1.5
$M_{e,Rd}$ [kNm]	96.49	19.65
M_{Sd} [kNm]	26	0

- Momenti all'estremità
- Momenti dovuti ai carichi laterali nel piano
- Momenti dovuti ai carichi laterali nel piano più momenti d'estremità

Resistenza della sezione 0.073 OK ?

Instabilità flesso-torsionale 0.961 OK ?

Flessione e compressione assiale - Classe 1 - EC3 #5.5.4.(1)

$$\frac{N_{Sd}}{N_{b,Rd,min}} + \frac{k_y M_{y,Sd}}{M_{cy,Rd1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{cz,Rd1}} = 0.138 + 0.274 + 0 = 0.412$$

OK

Figura 15 Verifica a pressoflessione dell'arcareccio IPE220 per combinazione SLV

PILASTRO HEA500

Verifica a pressoflessione

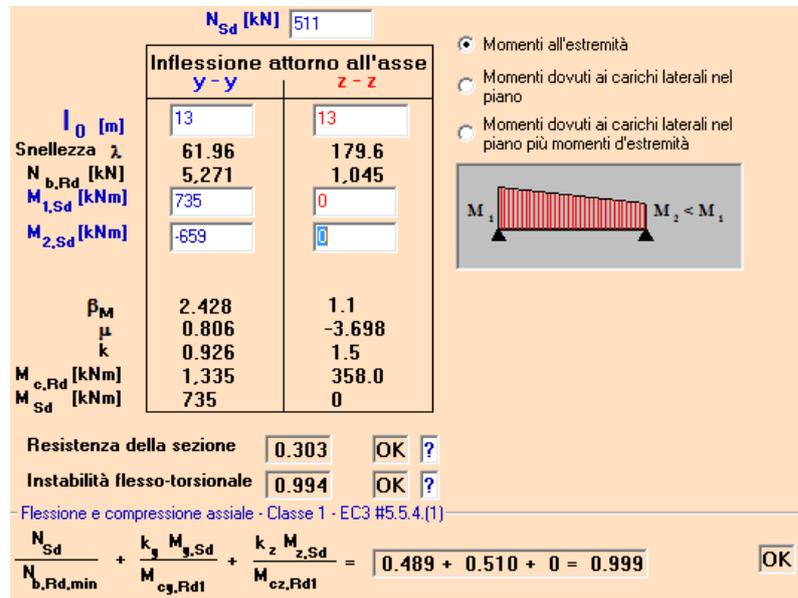


Figura 16 Verifica a pressoflessione del pilastro HEA500 per combinazione SLV

Verifica a taglio

$$V_{Sd} = 110 \text{ kNm} < 2694 \text{ kNm}$$

PILASTRO HEA300

Verifica a pressoflessione

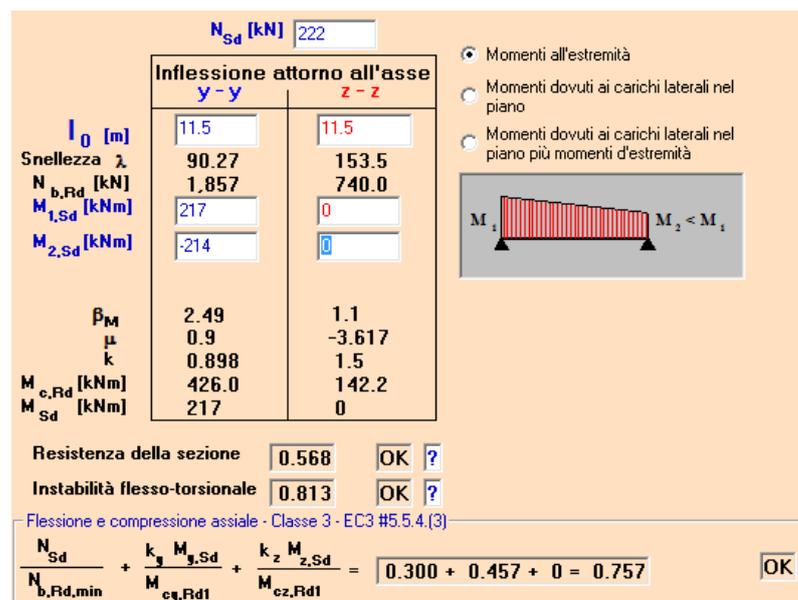


Figura 17 Verifica a pressoflessione del pilastro HEA300 per combinazione SLV

Verifica a taglio

$$V_{Sd} = 38 \text{ kNm} < 1640 \text{ kNm}$$

TRAVE PRINCIPALE IPE 600

Verifica a svergolamento

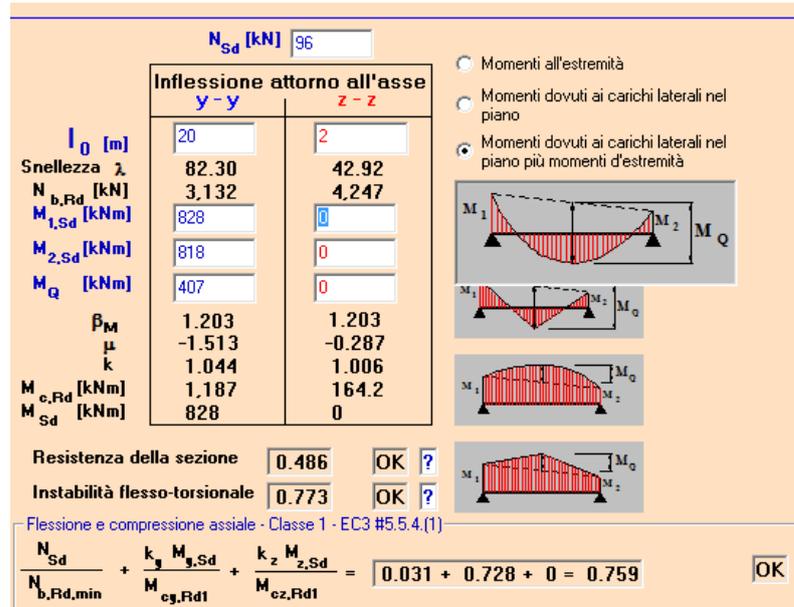


Figura 18 Verifica a svergolamento della trave IPE600 per combinazione SLV

Verifica a taglio

$$V_{Sd} = 191 \text{ kN} < 1632 \text{ kN}$$

CONTROVENTI DI FALDA L80X80X8

$$N_{Sd} = 296 \text{ kN} < 416 \text{ kN}$$

CONTROVENTI VERTICALI 140X140X15

$$N_{Sd} = 1114 \text{ kN} < 1352 \text{ kN}$$

6.3 VERIFICA DI DEFORMABILITÀ

Di seguito viene illustrato l'andamento qualitativo della deformata di un portale interno per la combinazione rara. La freccia massima si ha in mezzeria dell'arcareccio centrale.

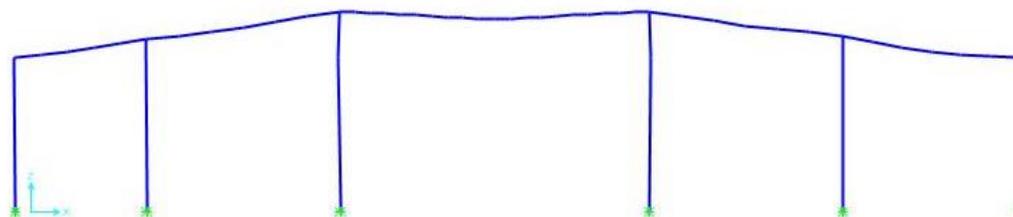


Figura 19 Deformata del portale per la combinazione rara

$$f_{\max} = 10.0 \text{ cm} < 2000 / 200 = 10.0 \text{ cm}$$

6.4 VERIFICA PER SLD

Di seguito viene illustrato l'andamento qualitativo della deformata per la combinazione sismica per SLD con sisma in direzione parallela al portale.

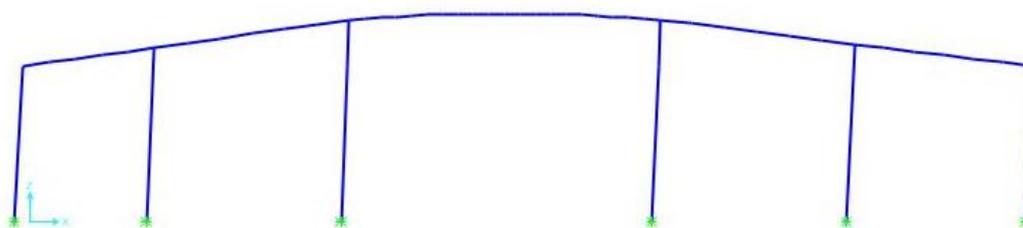


Figura 20 Deformata del portale per la combinazione SLD (sisma parallelo al portale)

$$d_r = 5.0 \text{ cm} < 0.005h = 5.0 \text{ cm}$$

Di seguito viene illustrato l'andamento qualitativo della deformata per la combinazione sismica per SLD con sisma in direzione perpendicolare al portale.

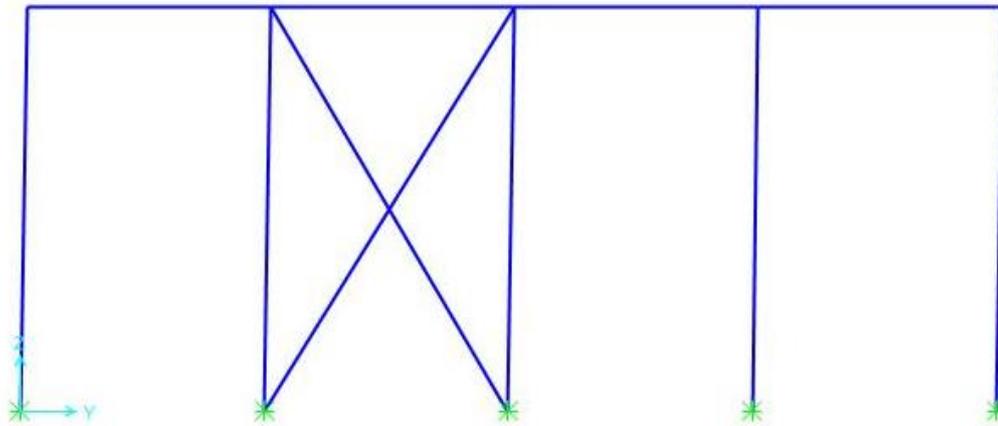


Figura 21 Deformata dei controventi per la combinazione SLD (sisma perpendicolare al portale)

$$dr=1.5\text{cm} < 0.005h=5\text{cm}$$

6.5 VERIFICA PER SLO

Di seguito viene illustrato l'andamento qualitativo della deformata per la combinazione sismica per SLO con sisma in direzione parallela al portale.

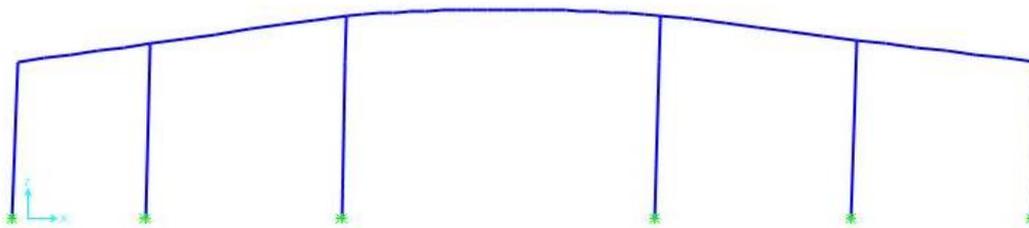


Figura 22 Deformata del portale per la combinazione SLO (sisma parallelo al portale)

$$dr=3.3\text{cm} < 0.0033h=3.3\text{cm}$$

Di seguito viene illustrato l'andamento qualitativo della deformata per la combinazione sismica per SLO con sisma in direzione perpendicolare al portale.

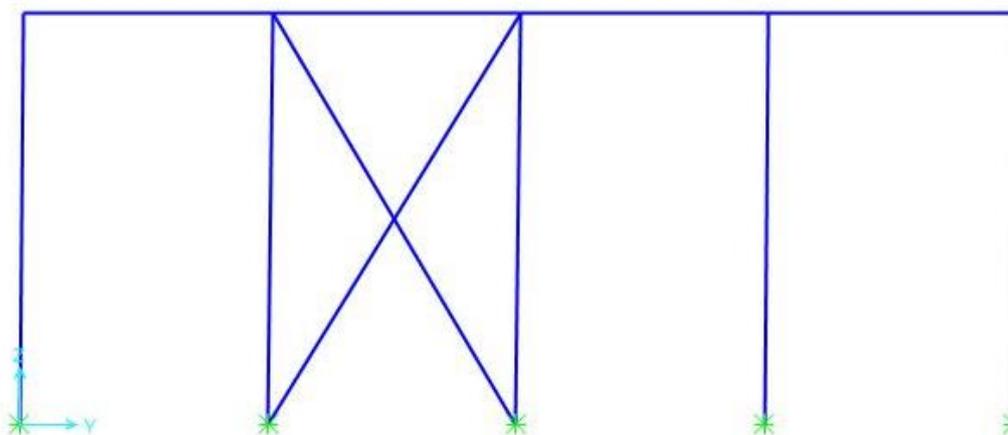


Figura 23 Deformata dei controventi per la combinazione SLO (sisma perpendicolare al portale)

$$dr=1.0\text{cm} < 0.0033h=3.3\text{cm}$$

7. VERIFICA GEOTECNICA

Sulla base della CAS.02.DE.CI.R.016 – RELAZIONE GEOTECNICA si assumono i seguenti parametri per il terreno.

Litologia	Parametri caratteristici				
	γ	c'	ϕ'	c_u	E
	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]	[MPa]
Unità - S - Suoli vegetali e coltri di alterazione superficiali. Spessori variabili tra 0-1m.	18,5-19,5	0	17-21	40-60	6-8
Unità A - ArA - Argille della successione neogenica o dell'unità a palombini con blocchi e lenti ofioliti. Formazione argillitico-marnosa con livelli arenitici e calcarei. Formazione caotica ed alterata fino al limite della resistenza residua. Spessori variabili tra 1-5m.	19,0-20,0	0-10	18-23	50-90	8-12
Unità B - ArCm - Argille a palombini con blocchi e lenti ofioliti. Formazione argillitico-marnosa con livelli arenitici e calcarei. Formazione maggiormente compatta e dal basso livello di alterazione. Spessori variabili tra 10-35m.	19,0-20,0	5-25	19-26	120-180	10-25

Tabella 1 Parametri geotecnici

Utilizzando l'approccio 2 si verifica che, nei confronti dello scorrimento e della capacità portante:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

E_d = valore di progetto dell'azione;

R_d = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le sollecitazioni nel terreno risultano minori dei valori di progetto della resistenza geotecnica.

8. CONCLUSIONI

La struttura risulta verificata per gli SLU, SLV, SLD, SLO e per gli SLE previsti dalle Norme Tecniche del 2008.